

19 FEDERAL REPUBLIC OF GERMAN

GERMAN PATENT  
AND  
TRADEMARK OFFICE

12

## Utility Model D

U1

11	Roller number	G 94 18 210.8
51	Main class	G01G 23/01
22	Date filed:	12 November 94
47	Date registered	19 January 95
43	Published in	
	official gazette:	2 March 95
30	Pri	29 January 94 DE 44 02 655.2
54	Title of subject	
	Electrical scales with correction of humidity influence	
73	Name and address of patent holder	
	Sartorius AG, 37075 Göttingen, DE	

**Sartorius AG**  
**Weender Landstrasse 94-108**  
**D-37075 Göttingen**

**SW 9401**  
**Kö/kl**

---

**Electrical Scales with Correction of Humidity Influence**

---

**Specification**

The invention relates to scales with a transducer that converts the weight of the item being weighed to an electrical signal and with a humidity sensor that influences the output signal of the transducer such that the humidity-dependence of the transducer is corrected.

A scale of this type is known from DE 31 06 534 C2, for instance; it illustrates a humidity sensor with an analog electrical output signal and downstream analog/digital converter, whereby the digitized signal from the transducer and the digitized signal from the humidity sensor are fed to a microprocessor that corrects the signal from the transducer such that the humidity does not affect the final result.

However, this solution requires a humidity sensor with an electric output signal, an analog/digital converter for the signal from the humidity sensor, and the hardware and software in the microprocessor that are required for a digital humidity correction.

The object of the invention is to provide a cost-effective humidity sensor that also provides the option of correcting the humidity either using analog electrical circuitry or using digital computing operations. Despite the cost-effective digital components, the analog electrical humidity correction is of interest because in this way the humidity correction can be performed directly on the transducer and thus it is easier to exchange the transducer without changes in the microprocessor; this is true not only when servicing is required, but also for replacing a transducer without humidity correction with a transducer with humidity correction.

This object is inventively achieved in that at least one strain gauge is used as humidity sensor and in that this strain gauge is affixed to a curved surface.

Strain gauges (hereinafter DMS) are normally used to measure material tension. In transducers of scales, as well, they convert the weight-dependent material tension in spring bodies into an electrical signal. The humidity-dependence of these DMS is known in general, however, it is always considered an interfering effect in transducers and is therefore kept to a minimum as much as possible. The invention now reverses this, exploits this effect, and clearly amplifies it by affixing it to a curved surface. The effect of humidity in DMS namely comes primarily from the swelling of the plastic film under the actual strain-sensitive layer and from the swelling of the adhesive between the plastic film and the (generally metal) substrate. This increases the distance between the strain-sensitive layer and the substrate and, due to the curvature of the substrate surface, the strain-sensitive layer in a convex curved substrate is more elongated since the strain-sensitive layer moves further outward in a region with a greater circumference; in a concave curved substrate the strain sensitive layer is correspondingly compressed. The stronger the curvature in the substrate surface, the greater the effect. The application of DMS to slightly concave thin spot regions for measuring strain is known in DMS transducers for scales. In the inventive embodiment, however, the DMS is not applied to a thin spot and is not used to measure the material strain in the thin spot; but rather it is applied to a massive region that is practically not elongated or compressed by the load. In the inventive embodiment, then, it is not the material strain of the substrate that is transferred to the DMS and thus rendered measurable, but rather, given a constant substrate, a change in length in the strain-sensitive layer is achieved only by the swelling of the plastic film and the adhesive.

The subordinate claims contain advantageous embodiments.

The invention is explained in the following using the drawings.

Fig. 1 is a DMS on a concave surface;

Fig. 2 is a DMS on a convex surface;

Fig. 3 is a transducer with four DMS for measuring weight and with one DMS for humidity correction;

Fig. 4 is a first embodiment of the electrical circuit for Fig. 3;

Fig. 5 is a second embodiment of the electrical circuit for Fig. 3;

Fig. 6 is a transducer in accordance with the principle of electromagnetic force compensation with one DMS for humidity correction in an analog electrical correction circuit;

Fig. 7 is a transducer in accordance with the principle of electromagnetic force compensation with two DMS for humidity correction in a digital correction circuit;

Fig. 8 is a screw-on humidity sensor with DMS in a first embodiment; and,

Fig. 9 is a screw-on humidity sensor with DMS in a second embodiment.

Fig. 1 is an illustration of the arrangement principle for the DMS for humidity correction, enlarged for explaining the manner in which it works. A concave surface 15' is produced in a massive substrate 1 by means of a (e.g., milled) groove 15. A DMS is affixed there; it comprises an insulating carrier film 3, a strain-sensitive electrically conductive layer 4, and a cover layer 5. The electrical terminals for the strain-sensitive layer are labeled 14. The adhesive layer between DMS and substrate is labeled 2. The DMS is temperature-compensated in a known manner such that its resistance does not change during changes in temperature and the strain of substrate and DMS caused by this does not change. Since the substrate 1 under the groove 15 is very massive and/or this location of the substrate is not subjected to any external forces, no elongation or compression is transferred from the substrate to the DMS. The resistance of the DMS is therefore neither temperature-dependent nor load-dependent. On the contrary, the resistance of the DMS changes only in relation to humidity: as the air humidity increases, both the carrier film 3 and the adhesive layer 2 absorb water and swell. This change in thickness, together with the concave surface 15', means that the strain-sensitive layer 4 is compressed and this lowers its electrical resistance. Depending on the radius of curvature of the groove 15 and on the humidity-dependence of the thickness of the carrier film and adhesive layer, the humidity-dependent change in resistance can be up to one per thousand, a figure that is not achieved until maximum load in normal DMS usage.

Fig. 2 similarly illustrates a DMS on a convex surface 17. A round pole can be used for substrate 16, for instance. The adhesive layer 2', the carrier film 3', the strain-sensitive layer 4' with terminals 14', and the cover layer 5' correspond to the corresponding layers in Fig. 1. When the adhesive layer 2' and the carrier film 3' swell in this case due to the other curvature, the strain-sensitive layer 4' elongates and thus its resistance increases as humidity increases.

Figures 3 and 4 illustrate the cooperation of the humidity-sensitive DMS with a transducer that detects the load-dependent change in shape of a spring body by means of DMS. Fig. 3 illustrates a section through a spring body; Fig. 4 illustrates the associated electrical circuit. The housing-fixed part 23 of the spring body is attached to a base plate 20, the other side 22 of the spring body carries the weighing basin 21. An upper rod 24 and a lower rod 25 and thin spots that carry the four DMS 6, 7, 8, and 9 are created by two bores 26 and 27 and a cut connecting them. When under a load, the DMS 6 and 9 are elongated and the DMS 7 and 8 are compressed. The DMS 6 ... 9 are connected to a Wheatstone bridge circuit (Fig. 4) that receives power from a supply point  $U_0$ . The output voltage of the Wheatstone bridge circuit is fed to an amplifier 10, then digitized (analog/digital converter 11), further processed in a microprocessor 12, and displayed in a digital display 13. The parts of the transducer described in the foregoing and the circuit are generally known and will therefore be explained only briefly.

For humidity correction of the transducer, a DMS in accordance with Figure 2 is now provided. A DMS 28 is affixed to a part 29 with a convex surface. This part 29 is securely affixed to the housing-fixed part of the transducer 22 ... 25 using a screw 30. The DMS 28 is installed in the circuit in the feed of the supply voltage for the Wheatstone bridge circuit. Thus, as humidity increases and the DMS 28 on the convex surface elongates and its electrical resistance increases, the supply voltage to the Wheatstone bridge drops and the sensitivity decreases. When the dimensions are correct, this corrects the original positive humidity coefficient of the transducer. The size of the humidity correction can be easily selected using the curvature of the surface of the part 29 and using the electrical resistance of the humidity DMS 28 relative to the electrical resistance of the other DMS 6 ... 9. Fine adjustment is possible in a known manner using a (high) resistance parallel to the humidity DMS 28.

Fig. 5 illustrates an alternative circuit arrangement for the same transducer. Parts identical to those in Fig. 4 have the same reference numbers. The humidity DMS 38 in this embodiment is affixed to the concave interior surface 33 of the bore 26 far from the thin spots; as humidity rises, the DMS 38 is compressed and its electrical resistance decreases. If the DMS 38 is now switched as a humidity-dependent loading resistor in accordance with Fig. 5, a decrease in resistance leads to a decrease in the bridge output voltage and thus to a correction of the original positive humidity coefficient of the transducer. Fine adjustment in this case is possible using an adjustable series resistor in front of the DMS 38.

Thus, the sign for the humidity correction can be selected as desired and adapted to the sign of the humidity coefficient of the transducer to be corrected by selecting the circuit type (in accordance with Fig. 4 or Fig. 5) and by selecting a convex or concave surface to which the humidity DMS can be affixed. The size of the correction can be selected using the radius of curvature of the surface to which the DMS is affixed and by the electrical resistance of the DMS. Adjustment is possible using parallel or series resistors.

Of course instead of the circuits from Fig. 4 or 5 other circuits are possible that can easily be designed by anyone skilled in the art. For instance, a humidity-dependent voltage divider can be constructed from the humidity-dependent DMS and a fixed resistor; or the humidity-dependent DMS can be installed as an amplification-determining resistor in the feedback loop of an operational amplifier.

One particular advantage of the inventive humidity correction in a DMS transducer is that the humidity DMS is constructed exactly the same and comprises the same material as the transducer DMS. This means that the behavior over time when there is an (abrupt) change in humidity is the same (same time constants) and the humidity correction is very good even during a change in humidity. The same also applies for any temperature-dependence of the humidity influence and for any influence of other substances – such as solvents – that always affect the transducer DMS and the humidity DMS the same in terms of swelling.

Furthermore the inventive humidity correction can be advantageously combined with a temperature compensation. For this, only the DMS 28 in Figs. 3 and 4 for instance must have a corresponding temperature coefficient. If the temperature coefficient of the transducer 22 .. 25 is caused by the temperature coefficient of the elasticity module of the material for the transducer, it is generally positive. This positive temperature coefficient is corrected by a positive temperature coefficient of the DMS 28. This positive temperature coefficient can be achieved for instance by a corresponding selection of the alloy for the DMS 28, however, simpler in that for instance a temperature-compensated DMS as substrate for steel is affixed to a material with a greater heat expansion coefficient, e.g., aluminum. In transducers that have a humidity coefficient and temperature coefficient that fluctuate only little within a series, that is, in which no individual adjustment is necessary, with a single DMS 28 it is thus possible to bring the humidity coefficient to zero by selecting the correct curvature for the part 29 and to bring the temperature coefficient to zero by selecting the correct material for the part 29. On the other hand, if individual adjustment of the humidity coefficient and temperature coefficient is necessary, it is more useful to switch the humidity-dependent DMS 28 and a separate temperature-dependent resistor in series into the feed of the supply voltage for the Wheatstone bridge circuit in order to enable individual adjustment using parallel resistors.

Fig. 6 illustrates a transducer in accordance with the principle of electromagnetic force compensation with a DMS for humidity correction. The transducer comprises a housing-fixed system carrier 41 to which a load-assuming member 42 is vertically movably affixed via two rods 44 and 45 with the articulated sites 46. In its upper part, the load-assuming member 42 carries the load basin 43 for receiving the item to be weighed and transmits the force corresponding to the mass of the item to be weighed to the load arm of the transfer lever 47 via a coupling element 49. The transfer lever 47 is borne on the system carrier 41 by a flexural pivot 48. A coil body with a coil 51 is attached to the compensation arm of the transfer lever 47. The coil 51 is disposed in the air gap of a permanent magnet system 50 and generates the compensation force. The size of the compensation current through the coil 51 is regulated by the position sensor 56 and the control amplifier 54 such that there is equilibrium between the weight of the item to be weighed and the electromagnetically generated compensation force. The compensation current generates

on the precision resistor 55 a measuring-circuit voltage, which is fed to an analog/digital converter 57. The digitized result is acquired by a digital signal processing unit 58 and displayed digitally in the display 59. The parts of the transducer described in the foregoing are generally known and will therefore be described only briefly.

In addition, the transducer in Fig. 6 has a DMS 52 that is affixed to the surface of a convex part 53 and that is electrically switched parallel to the precision resistor 55. A changeable series resistor 61 is provided for adjusting. The humidity correction then functions in a manner corresponding to that described in the foregoing. As humidity increases, the DMS 52 elongates and increases its electrical resistance; this causes the electrical resistance of the parallel circuit from the precision resistor 55 and the resistors 52 and 61 to rise, so with the same current through the coil 51 the voltage on the analog/digital converter 57 increases, which corrects an assumed negative humidity coefficient in the transducer.

On the other hand, if the transducer has a positive humidity coefficient, the humidity DMS can be affixed to a concave surface, e.g., 60 on the system carrier 41, and the electrical circuit can be left unchanged.

Fig. 7 illustrates another circuit variant for humidity correction together with a transducer in accordance with the principle of electromagnetic force compensation. Parts identical to those in Fig. 6 have the same reference numbers. A first humidity DMS 70 is affixed to a concave part 60 of the system carrier 41; a second humidity DMS 71 is affixed to a convex part 60'. This means that they change their electrical resistance due to the effect of humidity in opposition to one another and can together be connected with two fixed resistors 72 and 73 to a Wheatstone bridge circuit, the output voltage of which can be digitized in a known manner via an amplifier 74 and an analog/digital converter 75 and fed to the microprocessor 58 for digital correction. This structure with two humidity DMS on opposing curved surfaces in conjunction with the Wheatstone bridge has the advantage that any residual temperature coefficient of the humidity DMS has no effect on the humidity correction.



The humidity DMS can either be directly affixed to a convex or concave curved region of the transducer or it can be affixed to a separate part that is screwed onto the transducer using a screw, for instance. This second option is of particular interest for retrofitting transducers and for cases in which the humidity correction is to be adapted to the humidity coefficient of the transducer in rough stages by DMS on various curved surfaces and fine adjustment is to take place using series or parallel resistors. Depending on the measured humidity coefficient of the transducer, an appropriate correction part can be selected, affixed, and attached. Figures 8 and 9 illustrate such parts that can be screwed on.

The part 80 in Fig. 8 that can be screwed on is similar to a cable clamp. It has a curved part 82 and a flat part 83 with a hole 81 for attaching. The DMS for humidity correction can be affixed either to the exterior, convex surface 82' (DMS 84) or to the interior, concave surface 82'' (DMS 85), or both DMS 84 and 85 can be affixed if a Wheatstone bridge circuit is to be realized as in Fig. 7. The part 80 can be easily produced as a punch/bending part.

Fig. 9 illustrates an alternative embodiment of a screw-on part. The part 90 comprises a cylindrical rod that has a thread in its lower part 91 and can be screwed into a threaded hole on the transducer. The DMS 92 for humidity correction is affixed to the upper, unthreaded part of the rod. At its upper end, the part 90 has a slot 93 for making it easier to screw in.

The foregoing always provides circuits for correcting the humidity coefficient of sensitivity. Naturally a humidity coefficient of the null point of the transducer can also be corrected with the inventive DMS on a curved surface. For this the humidity-dependent DMS must merely be attached between one pole of the supply voltage  $U_0$  and an input of the amplifier 10 in the Wheatstone bridge circuit in accordance with Figs. 4 and 5; it is thus parallel to one of the DMS 6 ... 9. Then, to attain symmetry in the bridge circuit, in addition a fixed resistor must be switched parallel to the DMS in the adjacent bridge branch. In the circuit in accordance with Figure 6, a humidity-dependent boosting current must be conducted via the precision resistor 55. In the

circuit in accordance with Fig. 7, the microprocessor computing program can naturally correct both the sensitivity and the null point. Anyone skilled in the art can easily work out details of these circuits.

Likewise, anyone skilled in the art can easily provide various circuits for the analog/digital conversion. For instance, the humidity-dependent DMS can be installed as a frequency-specific resistor in an RC oscillator. This generates a frequency-analog signal that can easily be digitized in the microprocessor.

Likewise, the combination of humidity correction and temperature correction explained for the DMS transducer can naturally also be used for scales in accordance with the principle of electromagnetic force compensation or other principles.

**Claims:**

1. Scales with a transducer that converts the weight of the item being weighed to an electrical signal and with a humidity sensor that influences the output signal of the transducer such that the humidity-dependence of said transducer is corrected, characterized in that at least one strain gauge (4, 4', 28, 38, 52, 70, 71, 84, 85, 92) is used as humidity sensor and in that said strain gauge is affixed to a curved surface (15', 17, 29 33, 53, 60, 60', 82', 82'', 90).
2. Scales in accordance with claim 1, characterized in that said strain gauge (4', 28, 52, 71, 84, 92) for humidity correction is affixed to a convex curved surface (17, 29 53, 82', 90).
3. Scales in accordance with claim 1, characterized in that said strain gauge (4, 38, 70, 85) for humidity correction is affixed to a concave curved surface (15' 33, 60, 82'').
4. Scales in accordance with any of claims 1 through 3, characterized in that said strain gauge (38, 70, 71) for humidity correction is affixed to a curved surface (33, 60, 60') of said transducer.
5. Scales in accordance with any of claims 1 through 3, characterized in that said curved surface is a component of a part (29, 53, 80, 90) that can be screwed onto said transducer.
6. Scales in accordance with any of claims 1 through 5, characterized in that for transducer a spring body with strain gauge and Wheatstone bridge circuit is used and in that said strain gauge (38) for humidity correction is used along the bridge diagonal as load resistor for the output signal.
7. Scales in accordance with any of claims 1 through 5, characterized in that for transducer a spring body with strain gauge and Wheatstone bridge circuit is used and in that said strain gauge (28) for humidity correction is used as series resistor in the feed for the supply voltage.

8. Scales in accordance with any of claims 1 through 5, characterized in that for transducer a spring body with strain gauge and Wheatstone bridge circuit is used and in that said strain gauge for humidity correction changes the amplification factor of an amplifier.
9. Scales in accordance with any of claims 1 through 5, characterized in that for transducer a spring body with strain gauge and Wheatstone bridge circuit is used and in that said strain gauge for humidity correction is used parallel to one of the bridge branches.
10. Scales in accordance with any of claims 1 through 5, characterized in that said transducer works in accordance with the principle of electromagnetic force compensation and in that said strain gauge (52) for humidity correction is part of a resistor network that converts the coil current into a measuring-circuit voltage.
11. Scales in accordance with any of claims 1 through 5, characterized in that said transducer works in accordance with the principle of electromagnetic force compensation and in that said strain gauge for humidity correction influences the null point of said transducer.
12. Scales in accordance with any of claims 1 through 5, characterized in that the change in resistance of said strain gauge (70, 71) for humidity correction is digitized.
13. Scales in accordance with any of claims 1 through 12, characterized in that said strain gauge for humidity correction also has a temperature coefficient so that it corrects both the humidity coefficient of said transducer and its temperature coefficient.
14. Scales in accordance with claim 13, characterized in that said strain gauge for humidity correction is affixed to a material for which it is not temperature-compensated.



12

## Gebrauchsmuster

U1

- (11) Rollennummer G 94 18 210.8
- (51) Hauptklasse G01G 23/01
- (22) Anmeldetag 12.11.94
- (47) Eintragungstag 19.01.95
- (43) Bekanntmachung  
im Patentblatt 02.03.95
- (30) Pri 29.01.94 DE 44 02 655.2
- (54) Bezeichnung des Gegenstandes  
Elektrische Waage mit Korrektur des  
Feuchteinflusses
- (73) Name und Wohnsitz des Inhabers  
Sartorius AG, 37075 Göttingen, DE

Sartorius AG  
Weender Landstraße 94-108  
D-37075 Göttingen

SW 9401  
Kö/kl

---

## Elektrische Waage mit Korrektur des Feuchteinflusses

---

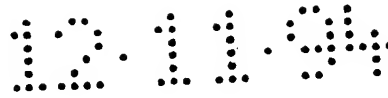
### Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Waage mit einem Meßwandler, der das Gewicht des Wägegutes in ein elektrisches Signal umwandelt, und mit einem Feuchteaufnehmer, der das Ausgangssignal des Meßwandlers so beeinflusst, daß die Feuchteabhängigkeit des Meßwandlers korrigiert wird.

Eine Waage dieser Art ist z.B. aus der DE 31 06 534 C2 bekannt; dort ist ein Feuchteaufnehmer mit analogelektrischem Ausgangssignal und nachgeschaltetem Analog/Digital-Wandler gezeigt, wobei das digitalisierte Signal des Meßwandlers und das digitalisierte Signal des Feuchteaufnehmers einem Mikroprozessor zugeführt wird, der das Signal des Meßwandlers so korrigiert, daß kein Feuchteinfluß im Endergebnis auftritt.

Diese Lösung erfordert jedoch einen Feuchteaufnehmer mit elektrischem Ausgangssignal, einen Analog/Digital-Wandler für das Signal des Feuchteaufnehmers und die hard- und softwaremäßigen Voraussetzungen im Mikroprozessor zur digitalen Feuchtekorrektur.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, einen preiswerten Feuchteaufnehmer anzugeben, der darüber hinaus die Möglichkeit bietet, die Feuchtekorrektur entweder durch analogelektrische Schaltungen oder durch digitale Rechenoperationen durchzuführen. Die analogelektrische Feuchtekorrektur ist trotz der preiswerten digitalen Baugruppen deshalb interessant, weil so die Feuchtekorrektur direkt am Meßwandler durchgeführt werden kann und dadurch ein leichter Austausch des Meßwandlers ohne Veränderungen im Mikroprozessor möglich ist; dies gilt nicht nur im Servicefall, sondern auch für den Ersatz eines Meßwandlers ohne Feuchtekorrektur durch einen Meßwandler mit Feuchtekorrektur.



Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mindestens ein Dehnungsmeßstreifen als Feuchteaufnehmer eingesetzt ist und daß dieser Dehnungsmeßstreifen auf einer gekrümmten Oberfläche aufgeklebt ist.

Dehnungsmeßstreifen (im folgenden als DMS abgekürzt) werden normalerweise eingesetzt um die Materialspannung zu messen. Auch in Meßwandlern von Waagen dienen sie dazu, die gewichtsabhängige Materialspannung in Federkörpern in ein elektrisches Signal umzuwandeln. Die Feuchteabhängigkeit dieser DMS ist allgemein bekannt, wird jedoch in den Meßwandlern immer als Störeffekt angesehen und daher möglichst minimal gehalten. Die Erfindung geht nun den umgekehrten Weg, nutzt diesen Effekt aus und macht ihn durch das Aufkleben auf eine gekrümmte Oberfläche noch deutlich größer. Der Feuchteeinfluß beim DMS kommt nämlich vor allem durch das Quellen der Kunststoff-Folie unterhalb der eigentlichen dehnungsempfindlichen Schicht und durch das Quellen des Klebers zwischen der Kunststoff-Folie und dem - im allgemeinen metallischen - Substrat zustande. Dadurch vergrößert sich der Abstand zwischen der dehnungsempfindlichen Schicht und dem Substrat und aufgrund der Krümmung der Substratoberfläche wird die dehnungsempfindliche Schicht bei konvex gekrümmten Substrat stärker gedehnt, da die dehnungsempfindliche Schicht ja weiter nach außen in einen Bereich mit größerem Umfang gelangt; bei konkav gekrümmtem Substrat wird die dehnungsempfindliche Schicht entsprechend gestaucht. Je stärker die Krümmung der Substratoberfläche ist, desto größer ist der Effekt. - Die Applikation von DMS auf leicht konkave Dünnstellen-Bereiche zur Dehnungsmessung ist bei DMS-Meßwandlern für Waagen bekannt. Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung wird jedoch der DMS nicht auf eine Dünnstelle geklebt und dient nicht der Messung der Materialdehnung in der Dünnstelle, sondern er wird auf einen massiven Bereich geklebt, der von der Last praktisch nicht gedehnt oder gestaucht wird. Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung wird also nicht die Materialdehnung des Substrates auf den DMS übertragen und so meßbar gemacht, sondern es wird bei konstantem Substrat eine Längenänderung der dehnungsempfindlichen Schicht nur durch das Quellen der Kunststoff-Folie und des Klebers erreicht.

Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der schematischen Figuren beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen DMS auf einer konkaven Oberfläche,

Fig. 2 einen DMS auf einer konvexen Oberfläche,

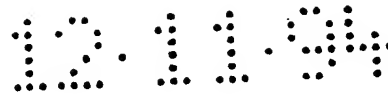


Fig. 3 einen Meßwandler mit vier DMS zur Gewichtsmessung und mit einem DMS zur Feuchtekorrektur,

Fig. 4 die zu Fig. 3 gehörige elektrische Schaltung in einer ersten Ausgestaltung,

Fig. 5 die zu Fig. 3 gehörige elektrische Schaltung in einer zweiten Ausgestaltung,

Fig. 6 einen Meßwandler nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation mit einem DMS zur Feuchtekorrektur in einer analogelektrischen Korrekturschaltung,

Fig. 7 einen Meßwandler nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation mit zwei DMS zur Feuchtekorrektur in einer digitalen Korrekturschaltung,

Fig. 8 einen anschraubbaren Feuchtesensor mit DMS in einer ersten Ausgestaltung und

Fig. 9 einen anschraubbaren Feuchtesensor mit DMS in einer zweiten Ausgestaltung.

Die prinzipielle Anordnung der DMS zur Feuchtekorrektur ist in Fig. 1 zur Erläuterung der Wirkungsweise vergrößert dargestellt. In einem massiven Substrat 1 ist mittels einer (z.B. eingefrästen) Hohlkehle 15 eine konkave Oberfläche 15' erzeugt. Dort ist ein DMS eingeklebt; dieser besteht aus einer isolierenden Trägerfolie 3, einer dehnungsempfindlichen, elektrisch leitfähigen Schicht 4 und einer Abdeckschicht 5. Die elektrischen Anschlüsse zur dehnungsempfindlichen Schicht sind mit 14 bezeichnet. Die Kleberschicht zwischen DMS und Substrat ist mit 2 bezeichnet. Der DMS ist in bekannter Weise so temperaturkompensiert, daß sich sein Widerstand bei Temperaturänderungen und der dadurch verursachten Ausdehnung von Substrat und DMS nicht ändert. Da das Substrat 1 unter der Hohlkehle 15 sehr massiv ist und/oder diese Stelle des Substrates keinen äußeren Kräften ausgesetzt ist, wird vom Substrat keine Dehnung oder Stauchung auf den DMS übertragen. Der Widerstand des DMS ist also weder temperatur- noch lastabhängig. Der Widerstand des DMS ändert sich vielmehr nur in Abhängigkeit von der Feuchte: Bei größer werdender Luftfeuchte nimmt sowohl die Trägerfolie 3 als auch die Kleberschicht 2 Wasser auf und quillt. Diese Dickenänderung führt zusammen mit der konkaven Oberfläche 15' dazu, daß die dehnungsempfindliche Schicht 4 gestaucht wird und dadurch ihren elektrischen Widerstand erniedrigt. Je nach Krümmungsradius der Hohlkehle 15 und je nach Feuchteabhängigkeit der Dicke der Trägerfolie und der Kleberschicht kann die feuchteabhängige Widerstandsänderung bis zu einem Promille betragen, einem Wert, der in der normalen Anwendung von DMS erst bei Maximalbelastung erreicht wird.

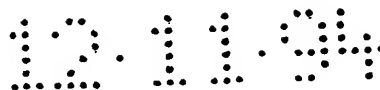




In Fig. 2 ist in gleicher Weise ein DMS auf einer konvexen Oberfläche 17 gezeigt. Als Substrat 16 kann z.B. ein Rundstab eingesetzt werden. Die Kleberschicht 2', die Trägerfolie 3', die dehnungsempfindliche Schicht 4' mit den Anschlüssen 14' und die Abdeckschicht 5' entsprechen den entsprechenden Schichten in Fig. 1. Beim Quellen der Kleberschicht 2' und der Trägerfolie 3' wird in diesem Fall wegen der anderen Krümmung die dehnungsempfindliche Schicht 4' gedehnt und dementsprechend erhöht sich deren Widerstand bei steigender Feuchte.

Das Zusammenwirken des feuchteempfindlichen DMS mit einem Meßwandler, der die lastabhängige Formänderung eines Federkörpers mittels DMS erfaßt, ist in den Figuren 3 und 4 gezeigt. Fig. 3 stellt einen Schnitt durch den Federkörper dar, Fig. 4 die zugehörige elektrische Schaltung. Auf einer Grundplatte 20 ist der gehäusefeste Teil 23 des Federkörpers befestigt, die andere Seite 22 des Federkörpers trägt die Waagschale 21. Durch zwei Bohrungen 26 und 27 und einen sie verbindenden Schnitt sind ein oberer Lenker 24 und ein unterer Lenker 25 entstanden und Dünnstellen, die die vier DMS 6,7,8 und 9 tragen. Unter Belastung werden die DMS 6 und 9 gedehnt und die DMS 7 und 8 gestaucht. Die DMS 6...9 sind zu einer Wheatstoneschen Brückenschaltung verbunden (Fig. 4), die von einer Spannungsquelle  $U_0$  versorgt wird. Die Ausgangsspannung der Wheatstoneschen Brückenschaltung wird einem Verstärker 10 zugeführt, dann digitalisiert (Analog/Digital-Wandler 11), in einem Mikroprozessor 12 weiterverarbeitet und in einer Digitalanzeige 13 angezeigt. - Die bisher beschriebenen Teile des Meßwandlers und der Schaltung sind allgemein bekannt und daher nur ganz kurz erläutert.

Zur Feuchtekorrektur des Meßwandlers ist nun ein DMS gemäß Fig. 2 vorgesehen: Auf einem Teil 29 mit konvexer Oberfläche ist ein DMS 28 aufgeklebt. Das Teil 29 ist dabei durch eine Schraube 30 am gehäusefesten Teil des Meßwandlers 22...25 festgeschraubt. Der DMS 28 ist in der Schaltung in der Zuführung der Speisespannung für die Wheatstonesche Brückenschaltung eingebaut. Wenn also bei zunehmender Feuchte der DMS 28 auf der konvexen Oberfläche gedehnt wird und sein elektrischer Widerstand steigt, so sinkt die Speisespannung an der Wheatstoneschen Brücke und die Empfindlichkeit wird kleiner. Dadurch wird bei richtiger Dimensionierung der ursprüngliche, positive Feuchtigkeitskoeffizient des Meßwandlers korrigiert. Die Größe der Feuchtekorrektur kann durch die Krümmung der Oberfläche des Teils 29 und durch den elektrischen Widerstand des Feuchte-DMS 28 im Verhältnis zum elektrischen Widerstand der anderen DMS 6...9 einfach gewählt werden. Ein Feinabgleich ist in bekannter Weise durch einen (hohen) Widerstand parallel zum Feuchte-DMS 28 möglich.

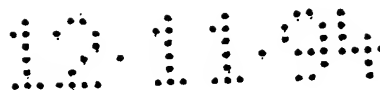


Eine alternative Schaltungsanordnung für den gleichen Meßwandler ist in Fig. 5 gezeigt. Gleiche Teile wie in Fig. 4 sind mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet. Der Feuchte-DMS 38 ist in dieser Ausgestaltung auf der konkaven Innenfläche 33 der Bohrung 26 weit weg von den Dünnstellen angebracht; dadurch wird der DMS 38 bei steigender Feuchte gestaucht und erniedrigt seinen elektrischen Widerstand. Wird der DMS 38 nun gemäß Fig. 5 als feuchteabhängiger Belastungswiderstand geschaltet, so führt eine Widerstandserniedrigung zu einer Erniedrigung der Brückenausgangsspannung und so zu einer Korrektur des ursprünglichen, positiven Feuchtekoeffizienten des Meßwandlers. Ein Feinabgleich ist in diesem Falle durch einen einstellbaren Vorwiderstand vor dem DMS 38 möglich.

Durch Wahl der Beschaltungsart (gemäß Fig. 4 oder Fig. 5) und durch Wahl einer konvexen oder konkaven Oberfläche, auf die der Feuchte-DMS geklebt wird, kann also das Vorzeichen der Feuchtekorrektur beliebig gewählt werden und an das Vorzeichen des Feuchtekoeffizienten des zu korrigierenden Meßwandlers angepaßt werden. Die Größe der Korrektur kann durch den Krümmungsradius der Oberfläche, auf die der DMS geklebt wird, und durch den elektrischen Widerstand des DMS gewählt werden. Ein Abgleich ist durch Parallel- oder Vorwiderstände möglich.

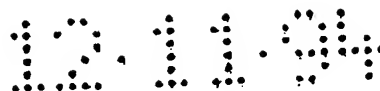
Statt der Schaltungen aus Fig. 4 oder 5 sind selbstverständlich weitere Schaltungsvarianten möglich, die leicht von jedem Fachmann entworfen werden können. So kann z.B. aus dem feuchteabhängigen DMS und einem Festwiderstand ein feuchteabhängiger Spannungsteiler aufgebaut werden; oder der feuchteabhängige DMS kann als verstärkungsbestimmender Widerstand in die Rückkopplung eines Operationsverstärkers eingebaut werden.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Feuchtekorrektur bei einem DMS-Meßwandler ist, daß der Feuchte-DMS genauso aufgebaut ist und aus dem gleichen Material besteht wie die Meßwandler-DMS. Dadurch ist auch das zeitliche Verhalten bei einer (sprungartigen) Feuchteänderung gleich (gleiche Zeitkonstanten) und die Feuchtekorrektur auch während einer Feuchteänderung sehr gut wirksam. Das gleiche gilt auch für die eventuelle Temperaturabhängigkeit des Feuchteinflusses sowie für den eventuellen Einfluß von anderen Substanzen - beispielsweise Lösungsmitteln - die immer gleichartig quellend auf die Meßwandler-DMS und auf den Feuchte-DMS einwirken.



Weiterhin kann die erfindungsgemäße Feuchtekorrektur vorteilhafterweise mit einer Temperaturkompensation kombiniert werden. Dazu muß nur z.B. der DMS 28 in Fig. 3 und 4 einen entsprechenden Temperaturkoeffizienten besitzen. Wird der Temperaturkoeffizient des Meßwandlers 22...25 durch den Temperaturkoeffizienten des Elastizitätsmoduls des Werkstoffes des Meßwandlers verursacht, so ist er im allgemeinen positiv. Dieser positive Temperaturkoeffizient wird durch einen positiven Temperaturkoeffizienten des DMS 28 korrigiert. Dieser positive Temperaturkoeffizient läßt sich z.B. durch eine entsprechende Wahl der Legierung des DMS 28 erreichen, einfacher jedoch, indem z.B. ein für Stahl als Substrat temperaturkompensierter DMS auf ein Material mit größerem Wärmeausdehnungskoeffizienten, z.B. also Aluminium, geklebt wird. - Bei Meßwandlern, deren Feuchte- und deren Temperaturkoeffizient innerhalb einer Serie nur wenig schwankt, bei denen also kein individueller Abgleich notwendig ist, kann dadurch mit einem einzigen DMS 28 durch Wahl der richtigen Krümmung des Teiles 29 der Feuchte- und durch Wahl des richtigen Materials des Teiles 29 der Temperaturkoeffizient etwa auf Null gebracht werden. - Ist dagegen ein individueller Abgleich des Feuchte- und des Temperaturkoeffizienten notwendig, so ist es zweckmäßiger, den feuchteabhängigen DMS 28 und einen getrennten temperaturabhängigen Widerstand in Reihe in die Zuführung der Versorgungsspannung zur Wheatstoneschen Brückenschaltung zu schalten, um durch Parallelwiderstände einen individuellen Abgleich zu ermöglichen.

In Fig. 6 ist ein Meßwandler nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation mit einem DMS zur Feuchtekorrektur gezeigt. Der Meßwandler besteht aus einem gehäusefesten Systemträger 41, an dem über zwei Lenker 44 und 45 mit den Gelenkstellen 46 ein Lastaufnehmer 42 in senkrechter Richtung beweglich befestigt ist. Der Lastaufnehmer 42 trägt in seinem oberen Teil die Lastschale 43 zur Aufnahme des Wägegutes und überträgt die der Masse des Wägegutes entsprechende Kraft über ein Koppellement 49 auf den Lastarm des Übersetzungshebels 47. Der Übersetzungshebel 47 ist durch ein Kreuzfedergelenk 48 am Systemträger 41 gelagert. Am Kompensationsarm des Übersetzungshebels 47 ist ein Spulenkörper mit einer Spule 51 befestigt. Die Spule 51 befindet sich im Luftspalt eines Permanentmagnetsystems 50 und erzeugt die Kompensationskraft. Die Größe des Kompensationsstromes durch die Spule 51 wird dabei durch den Lagensensor 56 und den Regelverstärker 54 so geregelt, daß Gleichgewicht zwischen dem Gewicht des Wägegutes und der elektromagnetisch erzeugten Kompensationskraft herrscht. Der Kompensationsstrom erzeugt

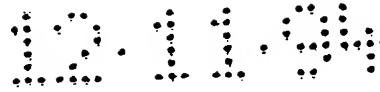


am Meßwiderstand 55 eine Meßspannung, die einem Analog/Digital-Wandler 57 zugeführt wird. Das digitalisierte Ergebnis wird von einer digitalen Signalverarbeitungseinheit 58 übernommen und in der Anzeige 59 digital angezeigt. - Die bisher beschriebenen Teile des Meßwandlers sind allgemein bekannt und daher nur ganz kurz erläutert.

Zusätzlich weist der Meßwandler in Fig. 6 einen DMS 52 auf, der auf die Oberfläche eines konvexen Teiles 53 geklebt ist und der elektrisch parallel zum Meßwiderstand 55 geschaltet ist. Zum Abgleich ist ein veränderlicher Vorwiderstand 61 vorgesehen. Die Feuchtekorrektur funktioniert dann in entsprechender Weise wie bereits beschrieben: Bei steigender Feuchte wird der DMS 52 gedehnt und erhöht seinen elektrischen Widerstand; dadurch steigt der elektrische Widerstand der Parallelschaltung aus dem Meßwiderstand 55 und den Widerständen 52 und 61; dadurch steigt bei gleichem Strom durch die Spule 51 die Spannung am Analog/Digital-Wandler 57; dadurch wird ein angenommener negativer Feuchtekoeffizient des Meßwandlers korrigiert.

Hat der Meßwandler dagegen einen positiven Feuchtekoeffizient, so kann der Feuchte-DMS auf eine konkave Oberfläche - z.B. bei 60 auf den Systemträger 41 - geklebt werden und die elektrische Schaltung unverändert gelassen werden.

Eine andere Schaltungsvariante zur Feuchtekorrektur zusammen mit einem Meßwandler nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation zeigt Fig. 7. Gleiche Teile wie in Fig. 6 sind mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet. Ein erster Feuchte-DMS 70 ist auf einem konkaven Teil 60 des Systemträgers 41 aufgeklebt, ein zweiter Feuchte-DMS 71 auf einem konvexen Teil 60'. Dadurch ändern sie ihren elektrischen Widerstand unter Feuchteeinfluß entgegengesetzt und können zusammen mit zwei Festwiderständen 72 und 73 zu einer Wheatstoneschen Brückenschaltung verbunden werden, deren Ausgangsspannung in bekannter Weise über einen Verstärker 74 und einen Analog/Digital-Wandler 75 digitalisiert werden kann und dem Mikroprozessor 58 zur digitalen Korrektur zugeführt werden kann. - Dieser Aufbau mit zwei Feuchte-DMS auf entgegengesetzt gekrümmten Oberflächen hat in Verbindung mit der Wheatstoneschen Brückenschaltung den Vorteil, daß ein eventuell vorhandener restlicher Temperaturkoeffizient der Feuchte-DMS keinen Einfluß auf die Feuchtekorrektur hat.

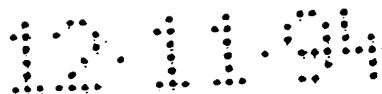


Der Feuchte-DMS kann entweder auf einem konvex oder konkav gekrümmten Bereich des Meßwandlers direkt aufgeklebt sein, oder er kann auf ein gesondertes Teil aufgeklebt sein, das z.B. durch eine Schraube an den Meßwandler angeschraubt wird. Diese zweite Möglichkeit ist besonders für eine Nachrüstung von Meßwandlern interessant und für den Fall, daß die Anpassung der Feuchtekorrektur an den Feuchtekoeffizienten des Meßwandlers in groben Stufen durch DMS auf verschiedenen gekrümmten Oberflächen und als Feinabgleich durch Vor- bzw. Parallel-Widerstände erfolgen soll. Je nach gemessenem Feuchtekoeffizient des Meßwandlers kann dann ein passendes Korrekturteil ausgewählt, befestigt und angeschlossen werden. - In den Figuren 8 und 9 sind daher solche anschraubbaren Teile dargestellt.

Das anschraubbare Teil 80 in Fig. 8 ähnelt einer Kabelschelle. Es besitzt einen gekrümmten Teil 82 und einen ebenen Teil 83 mit einem Loch 81 zur Befestigung. Der DMS zur Feuchtekorrektur kann entweder auf die äußere, konvexe Oberfläche 82' geklebt sein (DMS 84) oder auf die innere, konkave Oberfläche 82'' (DMS 85) oder es können beide DMS 84 und 85 aufgeklebt sein, falls eine Wheatstonesche Brückenschaltung wie in Fig. 7 realisiert werden soll. Das Teil 80 kann leicht als Stanz-Biege-Teil hergestellt werden.

Eine alternative Ausgestaltung eines anschraubbaren Teiles zeigt Fig. 9. Das Teil 90 besteht aus einem zylindrischen Stab, der in seinem unteren Teil 91 Gewinde trägt und in ein Gewindeloch am Meßwandler eingeschraubt werden kann. Der DMS 92 zur Feuchtekorrektur ist auf den oberen, gewindelosen Teil des Stabes geklebt. Zur Erleichterung des Einschraubens weist das Teil 90 am oberen Ende einen Schlitz 93 auf.

Im vorstehenden sind immer Schaltungen zur Korrektur von Feuchtekoeffizienten der Empfindlichkeit angegeben. Selbstverständlich kann mit dem erfindungsgemäßen DMS auf einer gekrümmten Oberfläche auch ein Feuchtekoeffizient des Nullpunktes des Meßwandlers korrigiert werden. Dazu muß nur in der Wheatstoneschen Brückenschaltung gemäß Fig. 4 und 5 der feuchteabhängige DMS zwischen einem Pol der Versorgungsspannung  $U_0$  und einem Eingang des Verstärkers 10 angeschlossen werden; er liegt damit parallel zu einem der DMS 6...9. Zum Erhalt der Symmetrie der Brückenschaltung muß dann zusätzlich ein Festwiderstand parallel zum DMS im benachbarten Brückenast geschaltet werden. - In der Schaltung nach Fig. 6 muß ein feuchteabhängiger Zusatzstrom über den Meßwiderstand 55 geleitet



werden. - In der Schaltung nach Fig. 7 kann das Rechenprogramm des Mikroprozessors selbstverständlich sowohl die Empfindlichkeit als auch den Nullpunkt korrigieren. - Einzelheiten dieser Schaltungen kann jeder Fachmann leicht entwerfen.

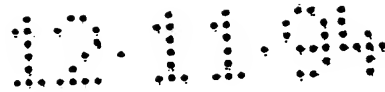
Ebenso kann jeder Fachmann leicht verschiedene Schaltungen für die Analog/Digital-Wandlung angeben. Z. B. kann der feuchteabhängige DMS als frequenzbestimmender Widerstand in einen R-C-Oszillator eingebaut sein; dadurch wird ein frequenzanaloges Signal erzeugt, das im Mikroprozessor leicht digitalisiert werden kann.

Ebenso kann natürlich die beim DMS-Meßwandler erläuterte Kombination von Feuchtekorrektur und Temperaturkorrektur auch für Waagen nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation oder nach anderen Prinzipien eingesetzt werden



### Ansprüche:

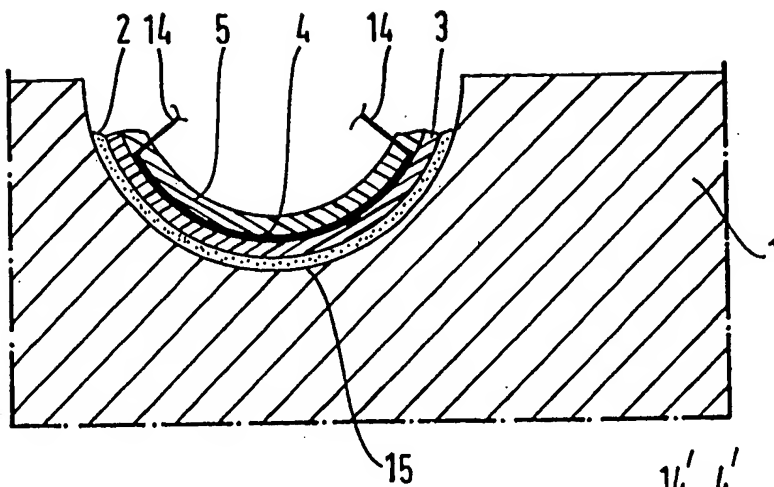
1. Waage mit einem Meßwandler, der das Gewicht des Wägegutes in ein elektrisches Signal umwandelt, und mit einem Feuchteaufnehmer, der das Ausgangssignal des Meßwandlers so beeinflußt, daß die Feuchteabhängigkeit des Meßwandlers korrigiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein Dehnungsmeßstreifen (4,4',28,38,52,70,71,84,85,92) als Feuchteaufnehmer eingesetzt ist und daß dieser Dehnungsmeßstreifen auf einer gekrümmten Oberfläche (15',17,29,33,53,60,60',82',82'',90) aufgeklebt ist.
2. Waage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dehnungsmeßstreifen (4',28,52,71,84,92) zur Feuchtekorrektur auf einer konvex gekrümmten Oberfläche (17,29,53,82',90) aufgeklebt ist.
3. Waage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dehnungsmeßstreifen (4,38,70,85) zur Feuchtekorrektur auf einer konkav gekrümmten Oberfläche (15',33,60,82'') aufgeklebt ist.
4. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dehnungsmeßstreifen (38,70,71) zur Feuchtekorrektur auf einer gekrümmten Oberfläche (33,60,60') des Meßwandlers aufgeklebt ist.
5. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die gekrümmte Oberfläche Bestandteil eines an den Meßwandler anschraubbaren Teiles (29,53,80,90) ist.
6. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Meßwandler ein Federkörper mit Dehnungsmeßstreifen und Wheatstonescher Brückenschaltung eingesetzt ist und daß der Dehnungsmeßstreifen (38) zur Feuchtekorrektur längs der Brückendiagonale als Belastungswiderstand des Ausgangssignales eingesetzt ist.
7. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Meßwandler ein Federkörper mit Dehnungsmeßstreifen und Wheatstonescher Brückenschaltung eingesetzt ist und daß der Dehnungsmeßstreifen (28) zur Feuchtekorrektur als Vorwiderstand in der Einspeisung der Versorgungsspannung eingesetzt ist.



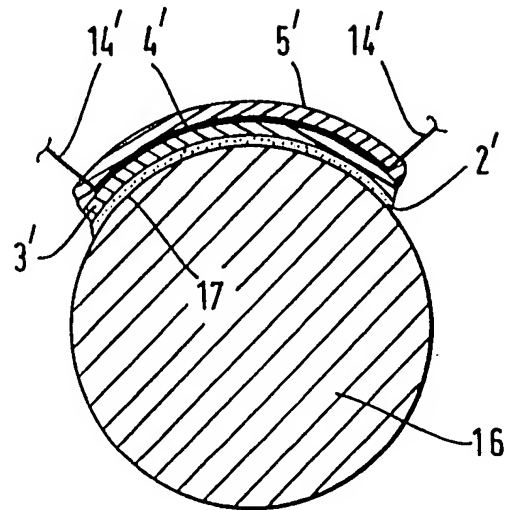
8. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Meßwandler ein Federkörper mit Dehnungsmeßstreifen und Wheatstonescher Brückenschaltung eingesetzt ist und daß der Dehnungsmeßstreifen zur Feuchtekorrektur den Verstärkungsfaktor eines Verstärkers verändert.
9. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Meßwandler ein Federkörper mit Dehnungsmeßstreifen und Wheatstonescher Brückenschaltung eingesetzt ist und daß der Dehnungsmeßstreifen zur Feuchtekorrektur parallel zu einem der Brückenzeige eingesetzt ist.
10. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Meßwandler nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation arbeitet und daß der Dehnungsmeßstreifen (52) zur Feuchtekorrektur Teil eines Widerstandsnetzwerkes ist, das den Spulenstrom in eine Meßspannung umwandelt.
11. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Meßwandler nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation arbeitet und daß der Dehnungsmeßstreifen zur Feuchtekorrektur den Nullpunkt des Meßwandlers beeinflusst.
12. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Widerstandsänderung des Dehnungsmeßstreifens (70,71) zur Feuchtekorrektur digitalisiert wird.
13. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dehnungsmeßstreifen zur Feuchtekorrektur zusätzlich einen Temperaturkoeffizienten aufweist, so daß er sowohl den Feuchtekoeffizienten des Meßwandlers als auch dessen Temperaturkoeffizienten korrigiert.
14. Waage nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Dehnungsmeßstreifens zur Feuchtekorrektur auf ein Material geklebt ist, für das er nicht temperaturkompensiert ist.



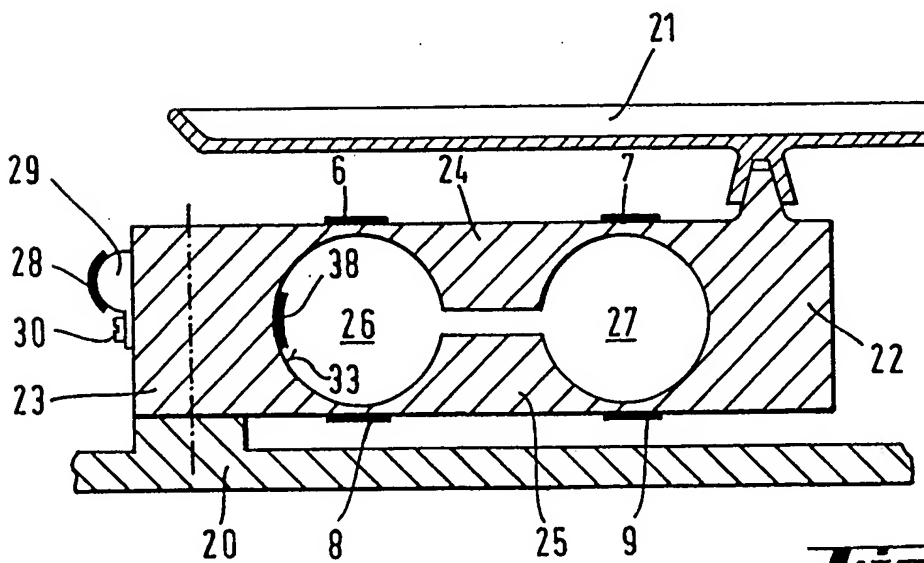
12.11.94



**Fig. 1**

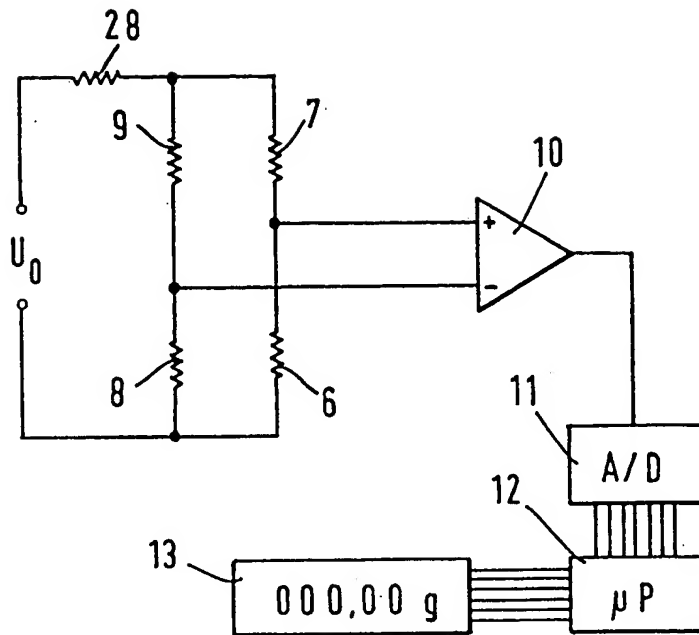


**Fig. 2**

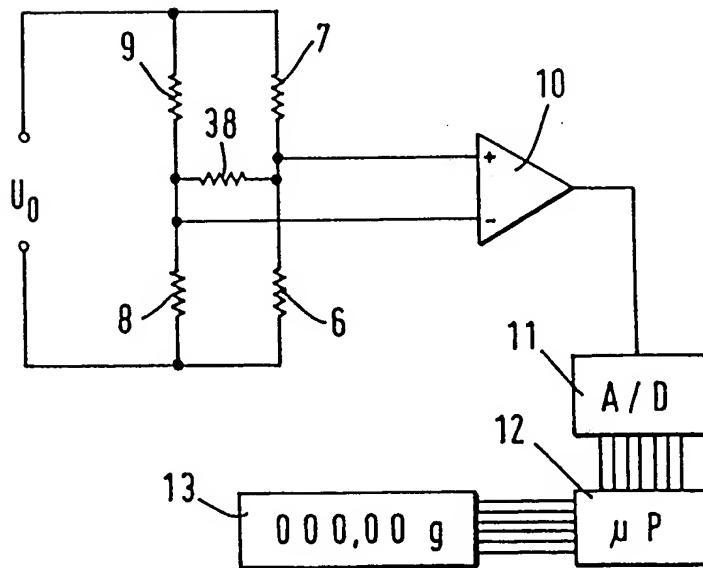


**Fig. 3**

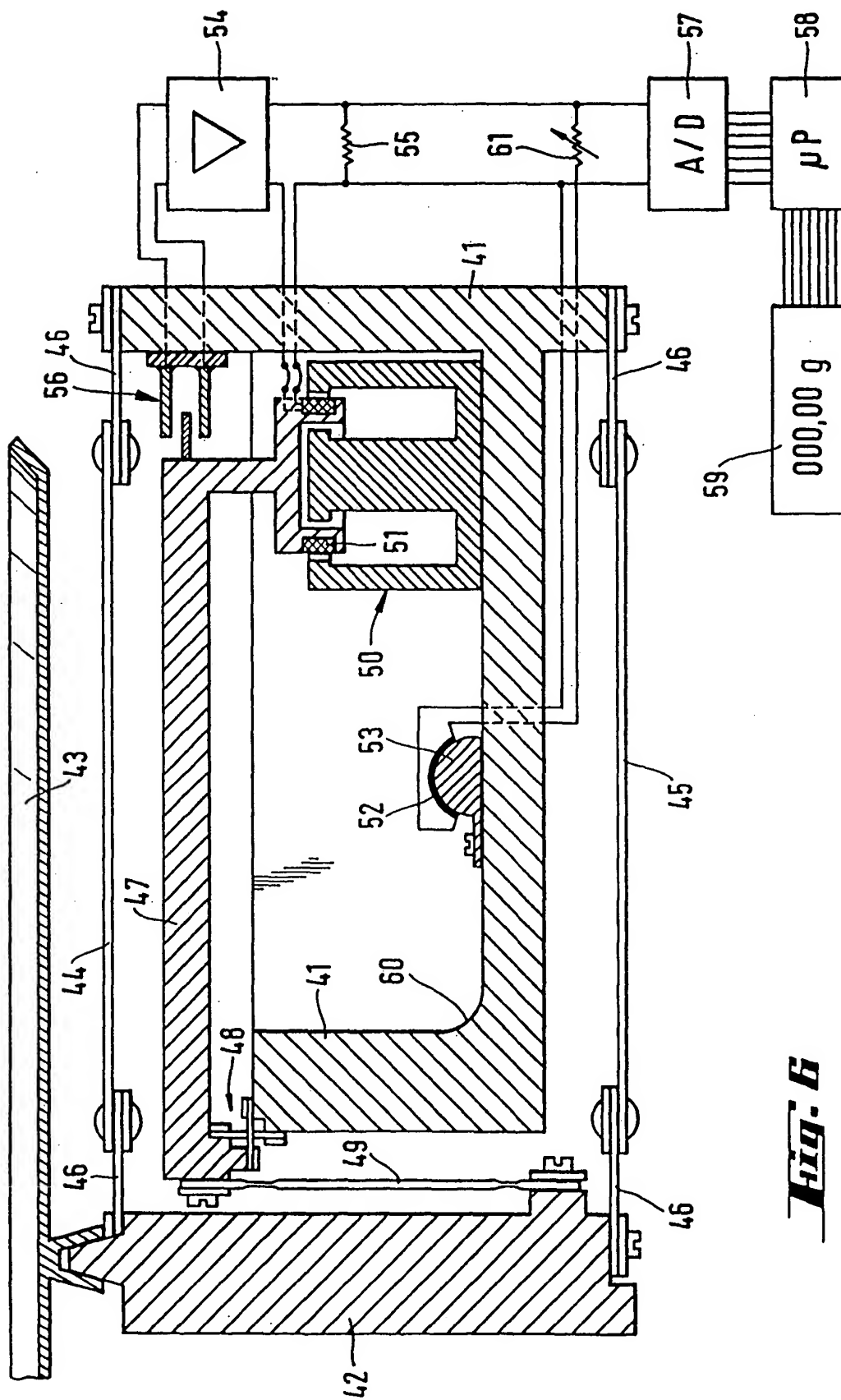
12.11.94



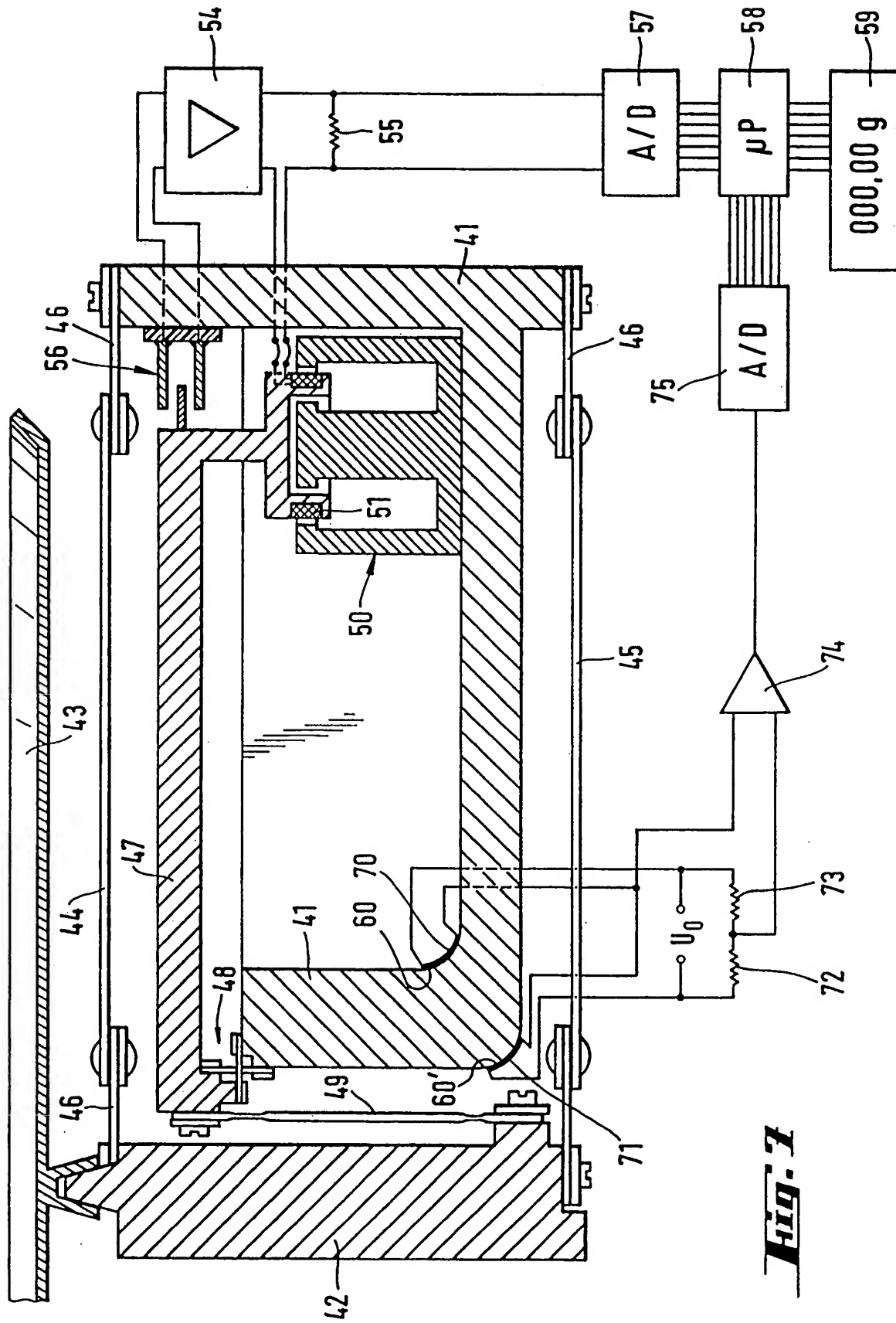
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 1**

12.11.94

